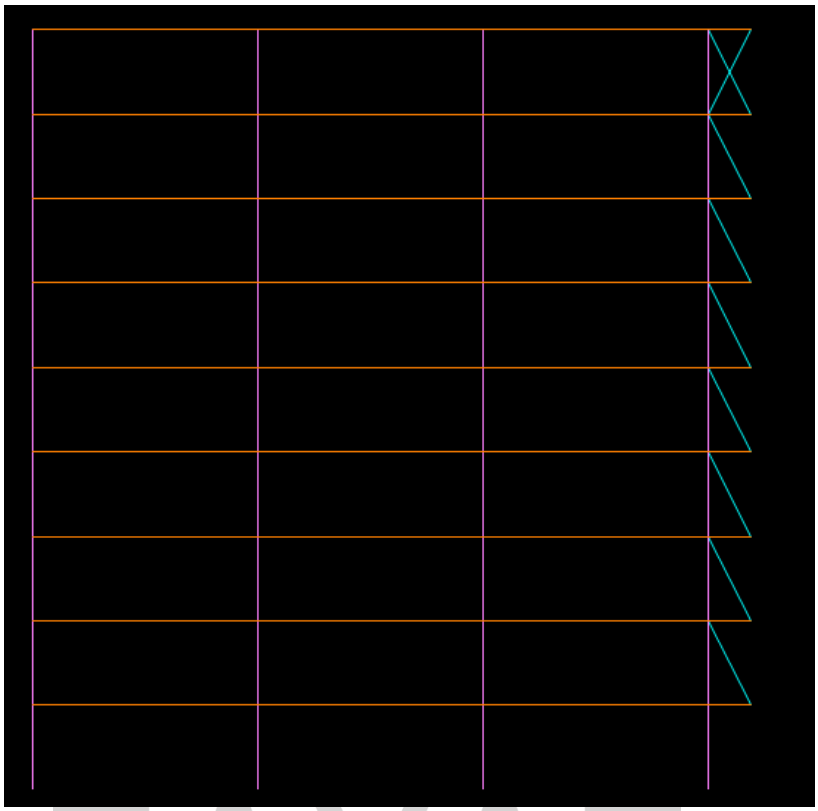
دستک‌ها در پایداری کنسول‌ها و تیرهای طره‌ای

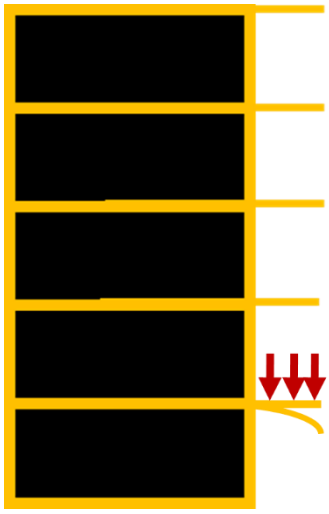
تعریف، عملکرد، جانمایی، مزایا و معایب دستک‌های فشاری و کششی

در طراحی سازه‌ها، یکی از مسائل مهم و گاهی چالش‌برانگیز، اجرای کنسول‌ها یا تیرهای طره‌ای است. کنسول به عضوی گفته می‌شود که از یک سمت به سازه اصلی متصل است و سمت دیگر آن آزاد می‌ماند. این نوع سیستم در معماری بسیار پرکاربرد است؛ برای مثال در بالکن‌ها، سایبان‌ها، پیش‌آمدگی نما، راهروهای معلق، طبقات کنسولی و بخش‌هایی از ساختمان که به دلایل عملکردی یا زیبایی‌شناسی از بدنه اصلی سازه بیرون زده‌اند.



در حالت معمول، اگر تیر طره‌ای اتصال گیردار و صلب کافی به سازه اصلی داشته باشد، می‌تواند بخشی از بارهای وارده را از طریق لنگر خمشی و نیروی برشی به تکیه‌گاه منتقل کند. اما در بسیاری از سازه‌ها، به‌خصوص وقتی اتصال تیر به ستون یا قاب به‌صورت مفصلی در نظر گرفته می‌شود، تیر طره‌ای به‌تنهایی قادر به تحمل پایدار بارها نیست. در چنین حالتی، بارهای ثقلی وارد بر انتهای آزاد طره باعث چرخش، تغییرشکل زیاد، ناپایداری و در نهایت گسیختگی یا عملکرد نامطلوب عضو می‌شوند.

یکی از راهکارهای مؤثر برای پایدارسازی این نوع کنسول‌ها، استفاده از "دستک" است. دستک‌ها اعضای مایلی هستند که با ایجاد یک مسیر انتقال نیرو، کنسول را مهار کرده و بارهای وارد بر آن را به بخش‌های پایدارتر سازه منتقل می‌کنند. بسته به محل قرارگیری، جهت بارگذاری و نحوه اتصال، دستک‌ها می‌توانند تحت فشار یا کشش قرار بگیرند. بنابراین شناخت رفتار دستک‌ها، نوع عملکرد آن‌ها، مزایا و معایب هر کدام و همچنین هماهنگی آن‌ها با معماری، اهمیت زیادی در طراحی سازه دارد.



۱. تعریف دستک

"دستک" یا "**Strut**" در مفهوم کلی، عضوی سازه‌ای است که معمولاً به‌صورت مایل بین دو نقطه از سازه قرار می‌گیرد و وظیفه آن انتقال نیرو، مهار تغییرشکل و افزایش پایداری سیستم است. دستک می‌تواند از جنس فولاد، بتن، چوب، کابل یا سایر مصالح سازه‌ای باشد، اما در ساختمان‌های متداول، دستک‌های فولادی به دلیل وزن کم، اجرای ساده‌تر و ظرفیت مناسب، کاربرد زیادی دارند.

در ادبیات سازه‌ای، گاهی به عضو فشاری مایل، **Strut** و به عضو کششی مایل، **Tie** گفته می‌شود. با این حال در کاربرد عمومی، واژه دستک ممکن است برای هر دو نوع عضو مایل، چه فشاری و چه کششی، استفاده شود. نکته مهم این است که ماهیت نیروی داخلی عضو باید در طراحی مشخص شود؛ زیرا طراحی یک عضو فشاری با طراحی یک عضو کششی تفاوت‌های اساسی دارد.

دستک در سیستم کنسولی معمولاً بین انتهای آزاد یا نزدیک به انتهای آزاد تیر طره و یک نقطه پایدار در سازه اصلی قرار می‌گیرد. این نقطه پایدار می‌تواند ستون، تیر طبقه بالاتر، تیر طبقه پایین‌تر، دیوار برشی، قاب مهاربندی‌شده یا هر عضو دیگری باشد که ظرفیت انتقال نیرو را داشته باشد.

۲. چرا در کنسول مفصلی به دستک نیاز داریم؟

تیر طره‌ای زمانی عملکرد مناسبی دارد که در تکیه‌گاه خود بتواند لنگر خمشی را تحمل و منتقل کند. یعنی اتصال آن به سازه اصلی باید به‌نوعی گیردار باشد. اما اگر اتصال تیر به ستون یا قاب "مفصلی" باشد، اتصال قادر به انتقال لنگر قابل توجه نیست. در این حالت، تیر طره‌ای مانند عضوی خواهد بود که از یک سمت فقط امکان انتقال نیروی برشی یا محوری محدود دارد و در برابر چرخش انتهایی آزاد است.

وقتی بارهای ثقلی روی قسمت کنسول وارد می‌شوند، مثلاً بار کف، بار زنده، بار دیوار، بار نما یا بار برف، انتهای آزاد تیر تمایل به پایین آمدن پیدا می‌کند. این بارها باعث ایجاد لنگر واژگونی در محل اتصال کنسول به سازه اصلی می‌شوند. اگر این لنگر توسط اتصال گیردار یا سیستم مهاری دیگری کنترل نشود، طره دچار تغییرشکل زیاد می‌شود.

در چنین شرایطی، دستک نقش یک عضو کمکی را ایفا می‌کند و با تشکیل یک سیستم مثلثی، مسیر انتقال نیرو را تغییر می‌دهد. به‌جای اینکه تمام پایداری طره وابسته به لنگر خمشی اتصال باشد، بخشی از بار به نیروی محوری در دستک تبدیل می‌شود. این موضوع از نظر سازه‌ای بسیار مفید است، زیرا اعضای سازه‌ای معمولاً در تحمل نیروی محوری، مخصوصاً در سیستم‌های خرپایی، عملکرد مؤثرتری نسبت به تحمل لنگرهای بزرگ دارند.

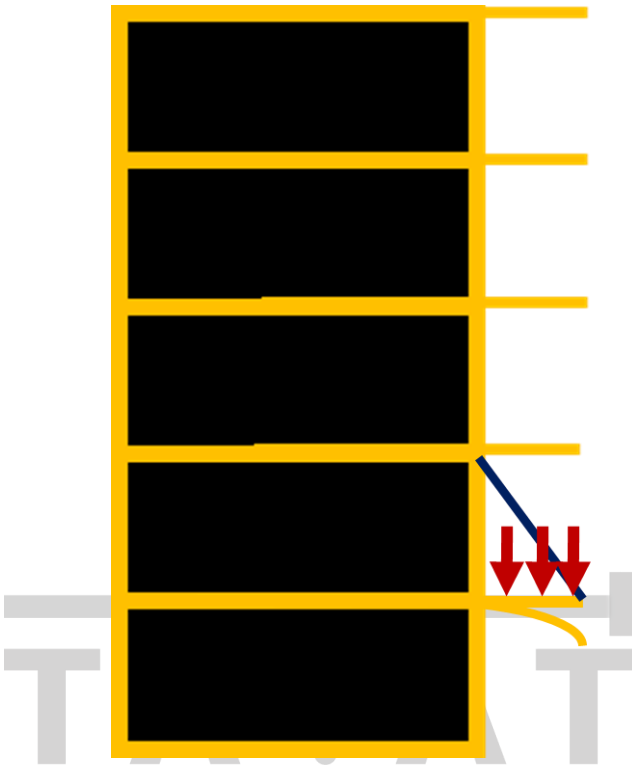
به بیان ساده، دستک باعث می‌شود کنسول از حالت یک تیر طره‌ای ناپایدار یا پرخیز، به یک سیستم مثلث‌بندی‌شده پایدار تبدیل شود.

۳. عملکرد سازه‌ای دستک‌ها– دستک کششی

عملکرد اصـــلی دســـتک، انتقال بار از نقطه‌ای ناپایدار به نقطه‌ای پایدارتر اســـت. وقتی بار قائم روی کنسول وارد می‌شود، دستک با ایجاد یک مؤلفه قائم و افقی، بخشی از آن بار را تحمل می‌کند.

اگر دستک در پایین تیر طره قرار گیرد و از پایین به سمت سازه اصلی تکیه کند، معمولاً با پایین آمدن کنسول، عضو مایل تحت فشار قرار می‌گیرد. در این حالت، دستک مانند یک پایه مایل عمل می‌کند که نمی‌گذارد انتهای کنسول پایین بیاید.

اما اگر دســتک در بالای تیر قرار گیرد، مثلاً از انتهای کنســول به طبقه بالاتر یا نقطه‌ای بالاتر در ســازه متصـل شـود، با تمایل کنسـول به پایین آمدن، دسـتک کشـیده می‌شـود. در این حالت، عضـو مایل مانند یک آویز یا مهار کششی عمل می‌کند.



بنابراین محل قرارگیری دستک نسبت به تیر طره، تأثیر مستقیم بر نوع نیروی داخلی آن دارد:

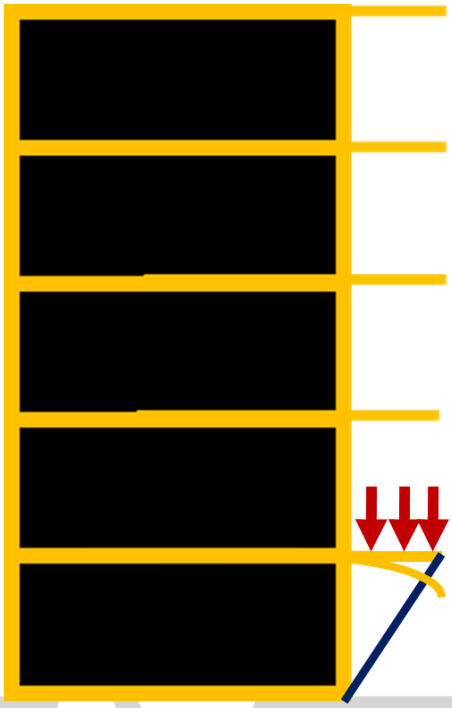
- “دستک پایین تیر:” غالباً فشاری است.

- "دستک بالای تیر:" غالباً کششی است.

البته این قاعده کلی است و در طراحی واقعی باید مسیر نیروها، نوع اتصال، جهت بارها، سختی اعضا، شرایط تکیه‌گاهی و ترکیبات بارگذاری بررسی شوند.

۴. دستک فشاری چیست؟

دستک فشاری عضوی است که تحت نیروی فشار محوری قرار می‌گیرد. این عضو معمولاً در زیر تیر طره‌ای نصب می‌شود و به‌صورت مایل از قسمت انتهایی یا میانی کنسول به نقطه‌ای پایین‌تر در سازه اصلی متصل می‌شود.



در این حالت، وقتی بار ثقلی روی کنسول وارد می‌شود، انتهای تیر تمایل به پایین رفتن دارد. دستک زیرین در برابر این حرکت مقاومت می‌کند و نیروی فشاری در آن ایجاد می‌شود. این نیرو به ستون، تیر پایین‌تر یا عضو پایدارکننده منتقل می‌شود.

5. مقایسه دستک فشاری و کششی

برای انتخاب بین دستک فشاری و کششی، باید چند عامل مهم بررسی شود: رفتار سازه‌ای، معماری، اجرا، هزینه، امکان اتصال و مسیر انتقال نیرو.

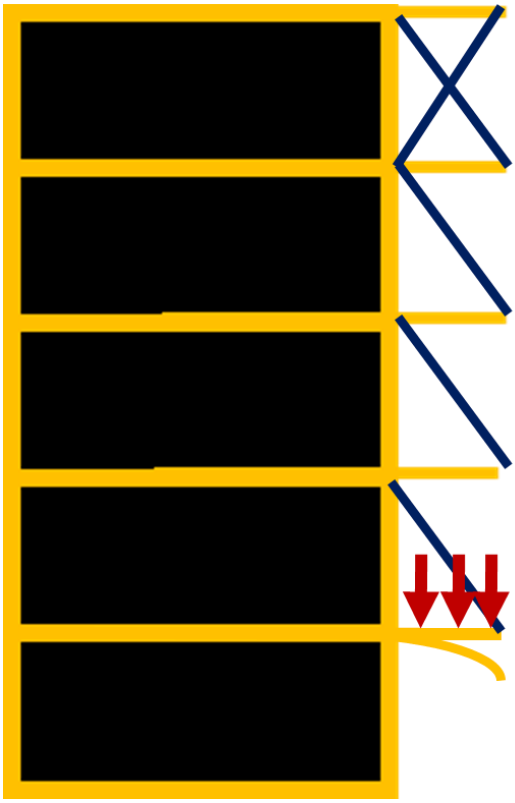
از نظر سازه‌ای، دستک فشاری برای تحمل مستقیم بارهای رو به پایین کنسول بسیار مناسب است، اما به دلیل خطر کمانش نیاز به کنترل دقیق‌تر مقطع و طول آزاد دارد. در مقابل، دستک کششی از نظر مقاومت محوری معمولاً اقتصادی‌تر و ظریف‌تر است، اما به نقطه مهار بالادست و سیستم تعادلی نیاز دارد.

از نظر معماری، دستک فشاری چون در پایین کنسول قرار می‌گیرد، ممکن است مزاحم فضا شود. برای مثال اگر زیر کنسول مسیر عبور، ورودی ساختمان یا فضای قابل استفاده وجود داشته باشد، عضو مایل فشاری می‌تواند محدودیت ایجاد کند. اما دستک کششی که در بالا قرار می‌گیرد، گاهی راحت‌تر در سقف، دیوار یا پوسته نما مخفی می‌شود.

در مجموع، هیچ‌کدام از این دو سیستم به‌صورت مطلق بر دیگری برتری ندارند. انتخاب مناسب بستگی به شرایط پروژه دارد.

6. دستک‌های کششی در طبقات متوالی و نیاز به مهار در بالاترین تراز

وقتی در چند طبقه از دستک‌های کششی استفاده می‌شود، نیروها معمولاً به تراز بالاتر منتقل می‌شوند. این انتقال نیرو می‌تواند به‌صورت زنجیره‌ای ادامه پیدا کند. یعنی دستک کششی یک طبقه، نیروی خود را به طبقه بالاتر منتقل می‌کند و آن طبقه نیز باید این نیرو را به مسیر دیگری منتقل کند.



اما در بالاترین تراز، دیگر طبقه‌ای بالاتر وجود ندارد. بنابراین اگر سیستم فقط متکی به دستک‌های کششی باشد، در نقطه انتهایی مسیر نیرو مشکل ایجاد می‌شود. برای حل این مسئله، در بالاترین تراز معمولاً باید یک عضو فشاری، مهاربند ضربدری یا سیستم بسته‌کننده مسیر نیرو قرار گیرد تا تعادل برقرار شود.

به همین دلیل گفته می‌شود در سیستم‌های دارای دستک کششی، باید برای آن‌ها یک مسیر فشاری مکمل نیز در نظر گرفت. این مسیر فشاری می‌تواند در قالب دستک فشاری، مهاربند متقاطع، قاب صلب یا عضو دیگری تأمین شود.

7. اثر ضربه ای

۶-۵-۸-۱ **آویزهای کششی نگهدارنده کف‌ها و بالکن‌ها:** بار زنده باید در ضریب ۱/۳۳ ضرب شود.

مطابق مبحث ششم، باید برای آویزهایی مثل دستک، بار زنده را در ضریب **1.33** ضرب کرد. در فول پک طراحی سازه ما به این کنترل ها پرداختیم.

جمع‌بندی

دستک‌ها یکی از راهکارهای مؤثر برای پایدارسازی کنسول‌ها و تیرهای طره‌ای، به‌خصوص در حالتی هستند که اتصال تیر به سازه اصلی مفصلی است و توانایی انتقال لنگر کافی وجود ندارد. بارهای وارد بر کنسول باعث ایجاد خیز، چرخش و ناپایداری می‌شوند و دستک با ایجاد یک مسیر انتقال نیرو و تشکیل سیستم مثلثی، این مشکل را کنترل می‌کند.

اگر دستک در پایین تیر طره‌ای قرار گیرد، معمولاً به‌صورت فشاری عمل می‌کند. این نوع دستک برای مهار بارهای ثقلی مناسب است و سختی خوبی به سیستم می‌دهد، اما ممکن است با مشکل کمانش، نیاز به مقطع بزرگ‌تر و مزاحمت معماری مواجه شود.

اگر دستک در بالای تیر قرار گیرد، معمولاً کششی خواهد بود. دستک کششی می‌تواند سبک‌تر و ظریف‌تر باشد و در برخی پروژه‌ها راحت‌تر مخفی شود، اما نیازمند نقطه مهار بالادست و مسیر فشاری مکمل برای تعادل نیروهاست. به‌خصوص در بالاترین تراز، باید برای نیروهای کششی منتقل‌شده، یک عضو فشاری یا سیستم مهاربندی مناسب در نظر گرفته شود.

در نهایت، انتخاب بین دستک فشاری و کششی فقط یک تصمیم سازه‌ای نیست؛ بلکه تصمیمی مشترک بین سازه، معماری و اجراست. بهترین راهکار زمانی به دست می‌آید که مسیر انتقال نیرو واضح باشد، اتصالات به‌درستی طراحی شوند، تغییرشکل‌ها کنترل شوند و جانمایی دستک‌ها با نیازهای معماری هماهنگ باشد.

قابل به ذکر است در فول پک طراحی سازه به مدلسازی، تحلیل و طراحی دستک ها پرداختیم.